知ったかぶりのアドバイス

「オシロスコープ入門」

著作・制作　田中新治

ここに記載の一部については著書「オシロスコープ入門」に類似の記述がありますが、その他の多くはこのコンテンツ独自のものです。
浅学の身でのアドバイスゆえ、誤りや勘違いなど無きにしもあらず、諸先輩からのアドバイスも頂ければ幸甚です。

スクリーンの左側にある0%、10%、90%、100%の数字は何か？

これはパルス波の「立ち上がり時間」や「立ち下がり時間」を測定する時に用いるスケールです。

中央の水平線を挟んで上下に2.5divの位置に下は0%、上は100%、上下2divの位置に下は10%、上は90%と表示されています。

パルス波の立ち上がり時間は、その最大振幅を100%として振幅が10%から90%まで変化する時間です。また、立ち下がり時間は、振幅が90%から10%まで変化する時間です。

ですから、測定する時には最大振幅をこの0%と100%のラインに合致するようにVOLTS/DIVスイッチとVARIABLEツマミで調節します。

そして、その波形がこの10%と90%のラインを横切る時間を測ることで立ち上がり時間や立ち下がり時間を求めることができるわけです。

なお、現在は5divを100%とするのが一般的ですが、古い機種の一部には6divを100%にしている場合もあります。

周波数特性は「ガウシャンカーブ」に近似するのが理想？

オシロスコープの周波数特性は、全帯域にわたった凹凸が無く平坦で、高域では滑らかに減衰していくようなカーブを描く特性が良いとされ、理論的には「ガウシャンカーブ」という曲線に沿った周波数特性が理想と以前から聞いています。

この曲線において、基準(1 kHz)になる振幅に対しその振幅が −3dB(約0.70倍)になる周波数までをオシロスコープの周波数帯域と定義しています。なお、その点の2倍の周波数においては −12dB(約0.25倍)まで減衰するようです。

「ガウシャンカーブ」とは、統計学で用いられる正規分布の曲線のようですが・・・インターネットでこの用語(ガウシャンカーブ)を検索してみましたが明解な日本語サイト(ページ)を見つけられていません。
オシロスコープとの付き合いのなかで、この様な用語に遭遇することもありそうなので紹介しておきます。

［CAL］は信用できない？

オシロスコープには必ずCAL端子がフロントパネルにあります。「CAL」はCalibation（校正）の略で文字通り校正用の交流信号の出力端子です。

出力される信号は一般的に、以下の精度に調整されています。

電圧は1Vp-p ±1%程度
周波数は1kHz ±0.1%〜±1%

しかし、ローコストのオシロスコープの多くは以下のように許容誤差が大きく、垂直軸（偏向感度）や時間軸（掃引時間）の校正には使えないモノがあります。

電圧は1Vp-p ±3%程度
周波数は1kHz ±5%〜±20%

このような機種では、CAL端子の信号が垂直軸や時間軸の校正用ではなく、付属のプローブの周波数補正用と考えている？ようで、某メーカではフロントパネルの表示が「CAL」ではなく「Probe Adjust」と、最初から付属のプローブの周波数補正用としていることが読みとれます。
その他のメーカも同様に考えているのではないか？と思われ、このクラスの機種ではCALによる垂直軸や時間軸の校正は避けた方が賢明です。
いずれにしても、CALによる校正は自己診断にしか過ぎません。CALにより校正する場合はCAL端子での電圧や周波数をデジタルマルチメータや周波数カウンタなどで確認してみることも必要でしょう。

Trace Rotation が付いて無い・・・

これがないと輝線を水平にすることができません。輝線が傾いていると精神的にもイライラしますし当然ですが正確な測定はできません。

輝線が常に水平を保っていれば良いのですが、地磁気の影響などにより設置する場所や方角によってズレてしまうことがあります。
そのズレを電気的に修正するのが Trace Rotation で、最近の製品の殆どはフロントパネルからドライバを差し込んで調整できます。

しかし、中古品など年式の古いオシロスコープには Trace Rotation が無いものも存在します。その多くはリアパネルにあるブラウン管のソケット部分を支えている(板金)部分のビスを緩め輝線を見ながらその部分を手で右または左に回すことで水平に修正するようになっているようです。
それすら無い年代物の場合はケースを外しブラウン管のソケット部分を固定しているビスを緩め手でブラウン管自体を強制的に回すことになります。
しかし、この周辺は高圧(数千ボルト)がかかっているパーツや配線が多く感電の恐れがあり危険です。もちろん電源をoffにしての作業になりますが、自己責任の範囲での作業であることを自覚しておいてください。
なお、使用するドライバですが、ビスなどを取り易いように磁化したモノが市販されていますが、絶対に使用しないでください。程度にもよりますがオシロスコープの金属部材がそれの接触で磁化された場合に輝線の描画に悪影響が出る恐れがあります。

Variable ツマミの変化量は？

VOLTS/DIVスイッチが1-2-5ステップで切り替わるため、左廻しの例（1mV/div→2mV/div→5mV/div→10mV/div）では、レンジ間が2倍か2.5倍で減衰量が増加します。

ですから、このレンジ間を連続的にカバーするためにはこの数字の大きい方の2.5倍の変化量がこのVARIABLEツマミの変化量として最低限必要です。

なお、同じ理由でSWEEP TIME/DIVスイッチのVARIABLEツマミも2.5倍の変化量を持っています。

プローブのグランドリードを接地点以外へ接続すると危険？

オシロスコープによる電圧測定とは、被測定回路の一点と接地点（一般にはシャーシーやケース）との間の電位差を測定するのが大原則です。ですから、オシロスコープのプローブのグランド・リードは常に被測定回路の接地点へ接続しておく必要があります。

これに反して、グランド・リードをそれ以外の回路内へ接続すると、被測定回路からこのリードを通じてオシロスコープ筐体へ電流が流れ、機器の破壊や人体に対する感電の恐れがあり、絶対にやってはいけません。

VOLTS/DIV スイッチを切替ると、そのたびに輝線が上下する

輝線が上下すると直流電圧の測定では非常に困ることになります。おそらくVOLTS/DIVスイッチのアッテネータ系統の電圧バランスが崩れているからと思われます。

機種によってはケース外側からドライバなどで(ATT Balance？を)回して調節できます。信号を入れない状態でVOLTS/DIVスイッチを切替(最低左2レンジ右2レンジ切り換える)ながら輝線が上下しない位置に設定しなおします。可能かどうかも含めそれぞれの取扱説明書で確認してください。

1 div とは

ブラウン管のスクリーンは言うまでもなく波形が表示されるエリアです。そこには縦８分割、横 10 分割した格子状の目盛が内側から付けられています。

この格子で区切られたマス目は正方形でスクリーンのサイズにより多少異なりますが、1 辺を 1 cm としているのが一般的です。この 1 辺を 1 div(div: division の略)と呼び、電圧や時間を測る時のスケールになっています。
例えば、［10 V/div］は縦方向の 1 目盛(1 div)あたり 10 V の電圧であると言うこと。また、［10 ms/div］は横方向の 1 目盛(1 div)あたり 10 ms(ミリ秒)の時間であると言うことです。

電源スイッチをONしたがスクリーン(ブラウン管)に何も現れない？

この様な場合(無信号時)には次の順序で設定を確認してみます。

輝度が十分上がっていないことが考えれれます。Intensityツマミを右に回し真上から右横までの間に設定してみます。

↓

Triggering Modeが［NORM］に設定されているかもしれません。この場合は信号が入れば自動的に波形が表示され問題はありませんが、常時輝線が見えていた方が良ければ［AUTO］に切り換えます。

↓

輝線の位置がスクリーン外にあることも考えれれます。Vertical Position ツマミを右または左に回して輝線をスクリーン中央まで戻します。

輝線が 10 div より長い場合はどうする？

輝線はブラウン管のスケール(目盛)の横幅と同じ 10 div あれば丁度良いわけです。

しかし、機種によって数％(0.1～0.3div)程度長い場合があります。通常は(メーカの設計思想による？・・・)その輝線の長さで掃引時間を校正してあり問題はありません。

ですから、その場合でも輝線の左端を目盛の一番左の目盛(0 div)に合わせます、輝線の右端が目盛の右端(10 div)から飛び出していてもOKです。(余談ですが、10 divより長めの方が校正時に基準になる波形が X 軸を横切る点(10 div)が確認しやすいようです)

なお、輝線が 10 div より短い場合や 10.3 div より長い場合はオシロスコープ自体に不具合？があると思われます。
メーカのサービスに相談する方が良いでしょう。
CAL の波形でその誤差の程度を判断すれば良いのですが、普及型の機種の CAL ではその周波数精度は± 10％位あってあてになりません。但し電圧精度の方は± 3％位でまあまあですが・・・

AC-GND-DC 切替スイッチの［GND］の用途は？

GND はもちろん ground（接地）の意味で、オシロスコープの場合は、INPUT 端子でその入力を絶ちグランド・レベル（スクリーンでのゼロボルトの位置）の確認ができます。

希に過大な入力信号が入り、一時的にその波形を見失う場合があります。その様な時には［GND］にして Position ツマミを調節して輝線をスクリーン中央に移動させ［AC または DC］に戻し、VOLTS/DIV スイッチを1ステップずつ左へ廻し波形が適当な振幅（4div～8div）になるまで続けます。

その他、波形観測時に他チャンネルの波形の観測に邪魔で一時的に入力信号を OFF 状態にしてみたり、多現象表示の時には　ON/OFF する事でどのチャンネルの信号か確認することもできます。
また、微少な雑音が含まれている場合に、信号に含まれる雑音か？オシロスコープ自体に起因する雑音か？なども確認することができます。
信号測定器で測定対象の信号を ON/OFF するような機能は他の測定器には例が少なく，あえて言えば単純ながら珍しい機能です。

「× 10MAG」VS 「遅延掃引」

最近ではこの遅延掃引のあるオシロスコープも以前に比べ安価になり普及しているようです。 ここでは「遅延掃引」を「× 10MAG」と対比してその特徴を簡単に説明しておきます。

波形の任意の部分を自由に拡大して観測したいというニーズに対し、
● 「SWEEP TIME/DIV」ではトリガ点からの拡大、
● 「× 10MAG」では拡大率が 10 倍に固定

この両方とも一長一短があってニーズを満たすことができません。そこで考え出されたのが「遅延掃引」です。「遅延掃引」は、文字通り遅れて掃引することの意味で、トリガ点から離れた(ある時間だけ遅れた)波形の一部分を拡大する方法です。

「遅延掃引」の特徴
●波形の任意の部分を拡大して観測できること。
●その拡大率が可変できること。
「× 10MAG」との相違
●拡大する部分の開始点を自由に決められる。
●拡大率は 10 倍に限定されず広範囲な倍率で設定できる。
●水平方向の直線性が良い(波形歪みが少ない)。
●同期遅延により揺らぎ(ジッタという)が少ない観測ができる。
●主掃引の波形と遅延掃引の波形を同時に見られる。
●主掃引と同じ精度で測定できる。
以上のように、「× 10MAG」は簡単に波形を 10 倍にできて便利ですが、「遅延掃引」にはそれに勝るメリットがあります。

通常、何ボルトまでの波形観測が出来るか？

標準的なオシロスコープでは、VOLTS/DIVスイッチを一番減衰させた状態で 5V/div、ブラウン管のスクリーンは最大 8divですから5V/div x 8div = 40V となります。

さらに、VARIABLE ツマミで 2.5 倍の可変ができるので 40V X 2.5 = 100V になります。この状態で、減衰比 10:1 の電圧プローブを用いれば更に 10 倍の 1000V まで観測できる計算になります。

しかし、プローブ先端での入力耐圧が 600V 程度しかありませんから、観測できる最大の電圧はこのプローブの耐圧に制限され 600Vを越えることが出来ません。

ただし、電圧値を測る場合には VARIABLE ツマミを［CAL］に戻す必要があり 400V までとなります。

なお、別売の減衰比 100:1 の電圧プローブを使えば 1000V を測れるものがあります。更に高い電圧（kV単位）を測る場合には「高圧プローブ」を使用しますがたいへん高価です。

テレビやビデオの映像信号を観測するには？

テレビやビデオの映像信号はとても複雑な信号構成で正弦波のように簡単には同期がとれませんが、この映像信号に含まれるフレーム同期信号やライン同期信号を利用して確実に同期をかけるための機能があります。

Triggering Modeに［TV FRAME］、［TV LINE］または［TV−V］、［TV−H］などと表示されている機能がそれにあたります。

● ［TV FRAME］または［TV−V］はフレーム同期信号に、
● ［TV LINE］または［TV−H］はライン同期信号に、

それぞれ同期がかかり安定した映像信号が見られます。なお、映像信号は原則としてNTSC方式のものを対象にしています。

この機能は映像信号専用ですから、通常の波形測定では必ず［AUTO］状態に戻しておきます。

電源周波数に同期した信号か否かを調べるには・・・

TRIGGERING SOURCEは通常、CH1やCH2の入力信号を元にしています。

TRIGGERING SOURCEスイッチを［LINE］にセットすると、入力信号に関係なく電源周波数(50 Hz or 60 Hz)自体がトリガ信号になります。

つまり、現在オシロスコープに通電している商用電源の電源周波数で、スクリーンに見えている波形がこの電源から作られた(発生した)信号なのか否かを確かめる時にこの［LINE］を使います。

TRIGGERING SOURCEスイッチをこの［LINE］に切り替えた時に、波形がトリガすれば(静止すれば)、電源周波数に起因する信号であることが確認できます。(それ以外の周波数ではトリガしません)

応用例としては、オーディオアンプの雑音のうち電源に起因する雑音(俗に言うハム)の確認に昔からよく知られています。

なぜ 1-2-5 ステップなのか？

VOLTS/DIVスイッチ（SWEEP TIME/DIVスイッチも同様）のレンジは、1 mV/div → 2 mV/div → 5 mV/div → 10 mV/div → 20 mV/div → 50 mV/div・・・と 1 → 2 → 5 の繰り返しなのか？

ブラウン管のスクリーンでは波形の振幅が4divから8divが観測に適当であるとされています。ですから 4div より小さくなった時にはレンジをひとつ右に回して感度を 2 倍にすれば 8div に近い振幅になるわけです（この逆もあります）。

レンジのステップは右廻しで10倍（左廻しで1/10倍）を基本としていて、その間を右廻し2倍（左廻しで1/2倍）間隔で分割するのが理想なのですが、その分割に不都合があり、現実には、右に回した時に、最初に設定してあったレンジから→2倍→2.5倍→2倍の倍数（例えば、10 mV/div → 5 mV/div → 2 mV/div → 1 mV/div）で感度が上がり 3 ステップ毎にちょうど10倍（左廻しで1/10倍）になるように設定されています。

× 10MAG(10 倍掃引拡大)は便利そうで便利ではない？

× 10MAG スイッチを押すと波形が水平方向に 10 倍拡大されます。

通常、水平方向への波形の拡大は掃引時間を速くすることで行いますが、× 10 MAG は掃引拡大と呼ばれ、水平増幅器の増幅度をワンタッチで 10 倍にすることで簡単に実現していて便利です。

したがって、この機能を［ON］するとスクリーンの波形は中央部を基点に左右方向へ 10 倍拡大されることになります。
ただし、この× 10 MAG はノコギリ波の周期を速くしているわけではなく、水平増幅器の増幅度を一時的に 10 倍しているため、波形の両端に近い部分(スクリーンから飛び出し HORIZONTAL POSITION を回さないと見えません)は水平増幅器の直線性がよくないと歪みを生じやすく、さらに波形の輝度が暗くなる(理論的には十分の一)欠点があります。
波形の立ち上がり部分(開始部分)を拡大して見るのであれば、SWEEP TIME/DIV スイッチを右に回し掃引時間を速くして見るほうがベターです。

この機能は主として同期掃引式のオシロスコープでトリガ点より離れた部分を観測したいというニーズに応えるため付加された波形拡大の手法です。しかし、遅延掃引付きのオシロスコープが普及した現在ではその存在価値が無くなってきました。
それでも現在どのオシロスコープにも未だこの機能は残されていて、無いよりまし・・・とでもメーカサイドは考えているのでしょうか？

リサジュー図形が静止するための必要十分条件とは・・・

リサジュー図形が静止するためには双方の周波数が「公約数」を持つことが必要と昔に習った？？？ように記憶しています。
しかし、数学的に、例えば、12と18の公約数は、1, 2, 3, 6 になります。ここで、1を含むとなると双方の周波数は「整数」であれば全てOKに思え、ワザワザ「公約数」を引き合いに出す必要もなくなりそうで如何なものか・・・
従来から、リサジューの実験例では、1：1、1：2、1：3、2：3、5：6などの組み合わせが殆どで「静止」するための必要十分条件を考えたこともありません。
現実的に、例えば、97 : 127 のリサジュー図形は静止するのか否か、オシロスコープのスクリーンでは一桁同士のリサジュー図形の描画なら何とか確認できても複数桁同士になると輝線が込みすぎて確認が困難でしょう。
最近読んだいくつかの文献を総括すると、
例えば、5と8は互いに共通の素因数を持たず、その様な関係を「互いに素」（たがいにそ、と読む）といい、この5：8のような「互いに素」の「整数」によるリサジュー図形の描画は一定時間後には、始めに戻り、以後同じ図形を繰り返し描くことになる、と解釈できます。となると、1 : 1、1 : 2、1 : 3、2 : 3、5 : 6 も、「互いに素」の「整数」・・・・・
しかし、これで必要にして十分な条件なのか？数学に浅学な身には持て余し気味・・・。

最後に、最近Web検索で得た知識では、互いの値が「有理数」であればリサジュー図形は静止するようです。

高感度レンジの測定で、ミスに気が付かない？

減衰器のレンジは多くの場合、5 mV/div ～ 5 V/div ± 3 ％　となっています。

この例では、最高感度は 5 mV/div で、この数値が小さいほど高感度です。機種によっては、レンジが更に増え、1 mV/div ～ 5 V/div となっている場合もあります。
ここで問題になるのが、一部の機種には、高感度レンジの周波数帯域が限定され、例えば、

5 mV/div ～ 5 V/div では → DC ～ 40 MHz (−3 dB)
1 mV/div と 2 mV/div では → DC ～ 5 MHz (−3 dB)

などとレンジによって周波数帯域が異なる場合があります。

これを承知のうえで測定しないと(上の例では)高感度レンジ(1 mV/div と 2 mV/div)で 5 MHz より高い周波数を測定すると大きな誤差を生じます。

フロントパネルに警告表示がありますが、表示が小さかったり、見落としたり、測定する信号の周波数成分を確認していなかったりで、ミスに気が付かない場合も多く注意が必要です。

ADD(加算)で注意すること

［ADD］とはCH1とCH2の入力電圧を足し算することです。

その電圧は測るためには、まず両方のVARIABLEツマミを右に回しきり［CAL］にします。次に、CH1とCH2のVOLTS/DIVスイッチを必ず同じレンジに維持しながら右または左に回しADDの波形の振幅が8div以内で最大になるレンジにセットします。
この二つの設定条件が満たされないと測定結果は全く無意味なものになってしまいます。

なお、ADDはCH1+CH2ですが、CH2 INVをONするとCH1+(−CH2)となり二つの波形の減算を行うことが出来ます。

2本のプローブをアース電位の異なる回路に接続すると・・

2現象オシロスコープにはCH1用とCH2用のINPUTがあり、文字どおり信号を入力する端子です。

この二つの入力端子のアース側は一般的にはシャーシに接続されています。ですから、CH1 INPUTとCH2 INPUTをアース電位の異なる電気回路にそれぞれを接続すると被測定回路はもちろん、オシロスコープの入力回路(プローブを含む)が破壊されたり、感電する恐れがあります。
現在のオシロスコープは1現象オシロスコープがベースになっていて、例えば、2現象の場合は二つある入力回路(CH1とCH2)のプリアンプの出力をスイッチングしてメインアンプに入力するため、当然ながら回路のアースは共通になっています。

オシロスコープのツマミやスイッチの初期設定は？

オシロスコープの操作に不慣れな人は、電源を入れる前にツマミやスイッチを以下の様にセットしておくと良いでしょう。

機種により多少異なりますが、

●ツマミは上方向
●ロータリー・スイッチも上方向
●レバー式スイッチは一番上（または一番左）
●プッシュ・スイッチが並んでいたら一番上（または一番左）
●単独のプッシュ・スイッチは押さない
● Triggering Mode は必ず Auto

などが一般的です。上記のようにツマミやスイッチをあらかじめセットしておけば、電源スイッチを［ON］した後 10 秒から 15 秒でスクリーンに輝線が現れ、何事もなく立ち上がったことが直ぐに確認できます。

［CH2 INV］で波形が反転しない？

この機能は文字通りCH2に入力された信号がスクリーン上でその表示波形の位相が反転して見えることです。
しかし､一部の機種ではオシロスコープ内部では反転の処理がされているにも関わらず、その表示波形が変わらない場合があります。

これはTriggering Slopeの機能が優先され（製造メーカの設計思想による？）、内部処理では反転されているにもかかわらず、この Slopeがプラス設定にしてあれば､マイナスにならずそのまま表示を続けるためです。

なお、反転の処理は正しく行われていますのでADDなどに切り換えてみれば演算処理された結果が確認できます。
もっとも､この機能は表示波形の位相を反転させることが主目的ではなく　ADDの時にCH1+(−CH2)･･･つまり減算を行うことに意味があると私は思います。

オシロスコープは地磁気の影響も受ける

ブラウン管の原理になりますが、電子銃から発射された電子ビームがその進行方向に配置された垂直偏向板と水平偏向板の間を通過する時に、それぞれの偏向板の正電位の方へ進行方向が曲げられます。
そのことにより電子ビームが蛍光面に衝突する位置が変わり波形などを描くことが出来るわけです。

ブラウン管はこの様に電界の作用で電子ビームの進行方向を制御しています（テレビジョンの場合は磁界の作用で制御しています）。

ここで問題になるのが地磁気の影響です。地磁気のことですから何処へ行ってもその影響から逃れることは出来ず、設置する場所や置く方角によって輝線が傾きます。輝線が傾いた場合にはTRACE ROTATIONを回して水平状態に戻さなければなりません。

なお、永久磁石をオシロスコープの周辺に置いたり、接触させるとやはり大きく影響を受けます。

特にオシロスコープのケースなどに磁石を接触させ、筐体関係の金属部材が着磁した場合にはユーザ側では消去できません、オシロスコープ周辺での磁石の取扱には注意が必要です。

100MHz オシロスコープで 100MHz の信号を正しく測定できるか？

測定誤差が非常に大きくなります。

オシロスコープの周波数帯域幅は､直流の増幅度の約70 ％(−3dB)になる周波数(f: 上限周波数)で定義されています。
また､上限周波数の2倍の周波数(2f)では増幅度が直流の増幅度の25％(−12dB)と極端に低くなります。

ですから、周波数帯域幅 100MHz のオシロスコープの場合、1kHz の信号で 6div の波形が見えていても、同じレベルの 100MHz の信号は約 4.2div(6div × 0.7)しか振れないことになります。このことを理解していないと、上限周波数付近の信号を 30%低い値で読みとってしまいます。

それでは、誤差が 3%以内で読みとれる周波数はどの辺かというと、上限周波数の約 30%の周波数(0.3f→100MHz では 30MHz)が目安です。例えば、14MHz のアマチュア無線バンドを測定する場合には 50MHz、28,29 MHz バンドの場合は 100MHz のオシロスコープが必要になります。

［AUTO］ではいつでも輝線が見えているのに［NORM］では消えてしまうのは何故？

Triggering Modeが［NORM］では、入力信号によりトリガパルスを発生し掃引回路がスィープを始めスクリーンには波形が描かれていきます。入力信号が無くなるとトリガパルスが作られずスィープはスタンバイ状態でスクリーンには何も表示されません、しかし、これがトリガ掃引本来の掃引機能です。

［AUTO］では、無信号でもオートフリーラン状態で輝線が常時見えています。この状態の途中で信号が入ると直ちにトリガパルスを発生させ［NORM］と同じように波形を描いていきます。

ただし［AUTO］では低域の周波数でトリガがかかりにくくなる欠点があり、そのような時には［NORM］に切り換える必要があります。

この様に［AUTO］は常に輝線が見えていてオシロスコープが働いていることを確認できるので精神的？な安心感があり、しかも初期設定扱いですが、機能的に［NORM］より制限があります。

電圧や時間間隔を測る時には必ず［CAL］にセットする

VOLTS/DIV スイッチと SWEEP TIME/DIV スイッチ、それぞれの VARIABLE ツマミは必ず右に回しきり［CAL］にします。［CAL］の位置にないと［UNCAL］状態でパネルの表示単位（例えば10mV/DIV や 50ms/DIV）にはならず、測定値は無意味なものになります。

また、電圧プローブを使っている場合には、測定値を必ず10倍することを忘れないようにします。更に、交流電圧の単位はメータなどで測った時の V（実効値 Vr.m.s.）と区別するため、必ず Vp-p（Vpeak to peak）と付け替えます。

４現象８トレース、３現象８トレースとは？

遅延掃引付きのオシロスコープのメインスペックとしてカタログや広告のキャッチコピーによく使われています。

４現象とは入力回路が４つあることで、８トレースとはブラウン管に最大８つの波形表示ができることの意味です。

基本的には、主掃引波形とそれによる遅延掃引波形のペアで二つ、それが四つ分あるので八つの波形が表示されるわけです。ですから八つの異なる波形が表示できる訳ではありません。

この他に、３現象８トレースと計算の合わない表示もありますが、この場合には EXT 入力信号を同時に表示していて（あるいは ADD 波形などの表示）二つ追加になっている場合もあります。

なお、標準なオシロスコープは上記の言い方をすれば２現象４トレースですが、あたりまえ過ぎて特に表記されません。

Ｘ軸、Ｙ軸、Ｚ軸とは？

オシロスコープでは、スクリーン上での上下方向に関しては垂直軸、左右方向に関しては水平軸と表現するのが一般的ですが、このスクリーンをグラフ用紙に見立てて、垂直軸をＹ軸、水平軸をＸ軸と呼ぶ場合も多いようです。

また、表示波形の一部分の明るさを変える輝度変調関係をZ軸と三次元的な表現も用いられています。スクリーン（蛍光面）に直角に衝突する電子ビームの進行方向からＸＹに対してＺと呼ばれるようになったのでしょう。

オシロスコープで周波数を測定できるか？

オシロスコープは、基本的には電圧の時間的変化をブラウン管に表示する装置です。
それ故、電圧と時間に関わる測定はブラウン管に表示された波形のサイズを測ることにより知ることが出来ますが、周波数を直接測定することは出来ません。

しかし、周波数はご承知のようにその周期の逆数ですから、表示されている波形の一周期分の時間を測ってその逆数を求めれば周波数を間接的に測ることが出来ます。
例えば、周期が10ms（ミリ秒）であれば100Hz、1ms（ミリ秒）であれば1000Hz（1kHz）となります。

信号遅延線とは？

オシロスコープの垂直増幅器の伝送経路の途中に組み込まれたケーブル(物理的に言えば、同軸ケーブルに似ています)で通過する信号を時間的に遅らせる働きをしています。

トリガ掃引方式のオシロスコープでは信号が入ると、二手に分かれ一方は垂直増幅器の方へもう一方は掃引回路の方へ導かれます。

掃引回路の方では入力信号によりトリガ･パルスを発生し掃引回路のスィープをスタートさせ、それを水平増幅器が増幅してブラウン管のスクリーンでは輝点が左端から動き始めます。

しかし、入力信号が高速な場合には垂直増幅器を通過した信号の方が水平増幅器を経由した掃引信号より早くブラウン管に達してしまい、掃引がスタートした頃にはその信号の変化は終了してしまいブラウン管に描かれません。

そこで、掃引がブラウン管でスタートするまで垂直増幅器を通る信号を遅らせて通過させるためにこの信号遅延線が組み込まれています。故に、高速信号の立ち上がり部分を観測する時には必須の機能です。

オシロスコープの立ち上がり時間を知るには?

パルス波の測定をする時にはそれを測定するオシロスコープ自体の立ち上がり時間を知っておく必要があります。

オシロスコープの立ち上がり時間は(理論値ですが)、350をオシロスコープの周波数帯域幅の数字で割り算します。例えば、100MHzのオシロスコープでは3.5ns(単位はナノ秒)となります。

パルス波の測定で3%以内の誤差に収めたい時には、その立ち上がり時間より4倍以上立ち上がり時間の早いオシロスコープを用意する必要があります(例えば10nsのパルスを測定する場合には140MHz以上のオシロスコープが必要になります)。

ただし、オシロスコープの垂直増幅器に信号遅延線が組み込まれていない場合は上記の条件を満たしてもパルスの立ち上がり時間やパルス幅などは測定できません。

「リサジュー」と「リサージュ」どちらが正しい？

「リサジュー」の他に「リサージュ」、「リサジュ」、「リサジウ」などの表記がありますが、著書「オシロスコープ入門」では社団法人電気学会編、「学術用語集 電気工学編」に基づいた表記「リサジュー」を用いています。、
しかし、メジャーな某メーカーは「リサジュー」を用いていますが、その他の多くのメーカーは「リサージュ」のようです。また、教育現場でも「リサージュ」が多く？共存しているようです。なお、「リサジュー」の方が原語の発音に近いとの説もあります。
リサジューは相互に直角方向に振動する二つの単振動を合成して得られる平面図形のこと。1855年にフランスの科学者J.A.Lissajousにより考案され、今ではオシロスコープの測定方法の一つとしても有名。

ブラウン管って日本語なの？

ブラウン管は、ドイツ人のブラウン(Karl Ferdinand Braun)が、大学の学生に電流の波形を見せるための教材として1897年に試作したCathode Ray Tube（陰極線管）が原型とされています。

日本ではテレビジョンの普及と相まって、「ブラウン管」と彼の名前で広く呼ばれていますが、これは日本独自の呼称のようで英語圏ではpicture tubeあるいはCRTと呼ぶのが一般的のようです。

取扱説明書が無かったら・・・

新品を購入した場合は別にして、中古のオシロスコープを入手した場合、シッカリした中古販売店から購入すれば取扱説明書が添付されてくる例も多く問題はないのですが、本体のみで取扱説明書が無い場合は何かあった時に困りものです。

取扱説明書は製造メーカのサービス窓口へ問い合わせれば個人でも大抵入手は可能のようです。メーカにもよりますが、かなり昔のモデルでも対応してくれるようです。もっとも、現に販売されているモノ以外はコピー対応が普通ですが、それでも中古を購入した者にとっては救いになります。

購入経費もコピー代に管理経費がオンされるくらいで入手できます。

もっとも印刷された正規のモノはページ数にもよりますがかなり高額になるモノもあります。
これはメーカが不当に高くしている訳ではなく、民生品と違い印刷発注部数が少ないのでどうしても単価が高くなってしまうようです。

取扱説明書なんて見なくてもわかると仰るエキスパートは別として、最近はPL法の施行により安全上の見地からの警告や注意事項、やってはいけないことなども記載され一度は全文に目を通しておき、あとは必要に応じ該当のページを参照するよう心がけることが大切です。

リサジュー測定の周波数の限界は？

例えば、40MHz2 現象オシロスコープでは CH1、CH2 共に DC から40MHzまでの周波数帯域があるので40MHzまでのリサジュー図形をブラウン管で見られる？

Beep！！！
リサジュー測定モードに切り換えると片側(CH1かCH2どちらか)のチャンネルは、垂直増幅器から切り離され、掃引回路の信号を増幅するための水平増幅器へ接続されます。

この水平増幅器は周波数帯域が500kHz程度しかなくオシロスコープ自体の位相特性などを加味すると 50kHz 程度までがリサジューとして測定できる限界と思われます。

2 現像オシロスコープなんて言わないで・・・

正しくは、2 現象です。
手書きの時代ならご愛敬ですが、現在の一般的なワープロアプリではどう間違っても、最初から「げ・ん・ぞ・う」とキーを叩かないと変換されません・・・妙な現象です。
余談ですが、パソコン関連のサイトで、・・・内臓のハードディスクにインストールする・・なんて記述を時々見かけます。こんな代物を腹に入れてどうするの？

なぜ　/div なの？

オシロスコープの入力感度や掃引時間は、この /div を単位として用い、1mV/div や 10ms/div のように使われています。

この div は division の略で、スクリーンを格子状（縦を 8、横を 10）に区切っているマス目の一辺をいいます。
日本で 1mV/cm などと、/cm を用いていた時代がありましたが、その後、対米輸出が飛躍的に延び始め、度量衡（inch や cm）に依存しない /div（/ 目盛）が定着したようです。

しかし、この 1div=1cm も、メーカのご都合で 1div=0.7cm とか 1div=0.8cm のような例もあります。

低周波を 2 現象表示している時に波形がちらついて見にくい

低周波の場合、ALT 掃引を選択すると CH1 と CH2 を交互に表示するためチラツキが発生します。

その時は、VERTICAL MODE スイッチを［CHOP］に切り替えてみます。

CH1 に信号を加えたが縦に輝線が 1 本見えるだけ

X−Y スイッチを［OFF］に戻します。

周波数と周期は反比例の関係

周波数とは1秒間に振動を何回繰り返すかのこと、周期は1回振動するに要する時間は何秒かのこと、ちょうど反比例の関係にあります。
オシロスコープでは直接には周波数を測れないので周期を測り周波数を計算して求めます。

TRIG. MODE スイッチが［NORM］の時に輝線が見えない

TRIGGERING MODE スイッチが［NORM］の時は、信号が無いと輝線は見えません。
問題ありませんが、いつも輝線が見えていたほうが良ければ［AUTO］に切り替えます。

輝度が暗く波形というよりは斜線(円弧の一部)に見える

SWEEP TIME/DIV スイッチを右の方へ回し過ぎていて波形の一部分だけが拡大されて見えている場合があります。
SWEEP TIME/DIV スイッチを左に戻し波形が数周期になるようにします。

VERTICAL MODE を［ADD］にしたが予想した波形と異なる

CH2 INV スイッチが［ON］になっていて、加算ではなく減算になっている可能性があります。

［OFF］になっているか確認します。

電源スイッチを［ON］したが輝点しか見えない

X−Y スイッチを［OFF］に戻します。

輝度が暗くスクリーンの左右外側にも波形が続いている

× 10MAG スイッチが［ON］になっています。［OFF］に戻せば通常の掃引状態に戻り 10 div の輝線が見えるはずです。

波形の輝度が普段より暗い

輝度を上げるため INTENSITY ツマミを更に右へ回して 1 時〜 3 時の位置にします。
または SWEEP TIME/DIV スイッチを左に回してみます。

CH1 と CH2 に信号を加えているが CH1 の波形しか見えない

VERTICAL MODE スイッチが［ALT］（または［CHOP］）になっていることを確認します。

それでも見えない時には、CH2 AC-GND-DC スイッチが［GND］になっていることも考えられます。

更に、CH2 VERTICAL POSITION ツマミを中央付近にしてから CH2 VOLTS/DIV スイッチを右（または左）に回して波形を確認します。

TRIG. LEVEL ツマミが中央付近にあっても波形が静止しない

TRIGGERING SOURCE スイッチが［VERT MODE］にあるか確認します。
［VERT MODE］の無い機種は、TRIGGER SOURCE スイッチで［CH1］と［CH2］を切り替えてみます。
また、外部同期の時は［EXT］になっていることを確認します。
波形によっては TRIGGERING SLOP スイッチを［＋］→［−］または［−］→［＋］に切り替えてみます。

TRIG. MODE スイッチが［AUTO］でも輝線が見えない

VERTICAL POSITION ツマミが右または左に回しきった状態で、輝線がスクリーンから飛び出している可能性があります。
VERTICAL POSITIONツマミを中央付近に戻してみます(輝度が暗いことも考えられます)。

TRIG. MODE スイッチが［NORM］でも波形が静止しない

TRIGGERING SOURCE スイッチが［VERT MODE］にあるか確認し、次に、TRIGGER LEVEL ツマミを回しても静止しない時は、TRIGGERING SLOP スイッチを［+］→［−］または［−］→［+］に切り替えてみます。

輝線が太く滲んでいるように見える

X−Yスイッチを［ON］に切り替え、FOCUS ツマミを回して輝点が小さな円になるように調節します。
その後、X−Y スイッチを［OFF］に戻します。

低周波(50Hz 以下)になると波形がときどき動いてしまう

50Hz 以下になると、同期がはずれやすくなります。TRIGGERING MODE スイッチが［AUTO］の時は［NORM］に切り替えてみます。

高い周波数で測定した電圧は誤差が大きいようだ？

オシロスコープの垂直増幅器の周波数特性は周波数が高くなるにつれ増幅度が低下し、上限周波数では振幅が約 30 パーセントも低くなっています。

[TV FRAME] と [TV LINE] の切り替えが無い？

[TV FRAME] と [TV LINE] を SWEEP TIME/DIV スイッチで自動切替(0.1 ms/div 以上→ TV FRAME、50 ms/div 以下→ TV LINE)する機種もあります。

パルス波の立上り時間を測定したが測定値が大き過ぎる？

使用したオシロスコープの垂直増幅器の周波数特性がそのパルスを測定するには十分ではない可能性があります。
測定するパルス波より4倍以上速い立上り時間のオシロスコープが必要です。

時間の測定で注意すること

立上り時間、立下り時間、パルス幅など、時間を測定する時には、必ず、SWEEP VARIABLE ツマミを [CAL] にセットしておきます。

立上り(立下り)時間やパルス幅が測定できない？

信号遅延ケーブルが内蔵されていないオシロスコープでは、立上り(立下り)時間やパルス幅を測定することはできません。
オシロスコープの取扱説明書やカタログで、定格欄の垂直軸の項目に、「信号遅延時間」の記述があれば OK です。

直流分を含んだ微少交流電圧を測定したいが波形が見えない

交流分と直流分を別々に測る必要があります。

まず直流をカットするため、AC-GND-DC スイッチを［AC］に切り替えVOLTS/DIVスイッチを回し適当な振幅にして交流電圧を測ります。
次に、直流分も測る場合、AC-GND-DC スイッチを［GND］に切り替え０ボルトの位置を設定してから［DC］に切り替え直流電圧を測ります。

2本のプローブを使い分ける

2現象オシロスコープには2本のプローブが付属されているので、それぞれ CH1 用、CH2 用と区別して使用し、校正も個々に行います。

CH1 → Y 軸 ？、CH2 → X 軸 ？

某メーカの機種では、CH1 を Y 軸、CH2 を X 軸としていますが、他のメーカの例では、CH1 を X 軸、CH2 を Y 軸と逆になっている機種もあります。

2 現象表示している時に表示波形が細切れになる

VERTICAL MODE スイッチが［CHOP］の状態で、SWEEP TIME/DIV スイッチを右に回した高速掃引の状態にあります。
VERTICAL MODE スイッチを［ALT］に切り替えてみます。

プローブ使用時の許容入力電圧は？

INPUT 端子の許容入力電圧(例えば 400 Vpeak)ではなく、接続したプローブの許容入力電圧(例えば 600V (DC +ACpeak))が優先します。

ALT と CHOP の使い分けは？

1 ビームのオシロスコープで二つ信号を電子回路で切り替える方式には、ALT（オルタ）方式 CHOP（チョップ）方式の二つがあり、ALT 方式を使うか CHOP 方式を使うかは観測する信号の周波数により選択します。

可聴帯域の上限位（約 20 kHz）まではCHOP 方式で、それ以上の周波数の場合は ALT 方式が使われています。

CH2 の輝線で基準（0 ボルト）レベルを表示

直流電圧の測定で不便なことは測定電圧の輝線と基準（0 V）の輝線が同時に見えないことです。

そこで測定時に VERTICAL MODE を［ALT］に切り替え、CH2 AC–GND–DC スイッチを［GND］にセットします。

そしてCH1 POSITION ツマミで 0 V の位置決めをした後、CH2 POSITION ツマミで CH2 の輝線を CH1 の輝線に重ねます。こうすれば CH2 の輝線を使って基準（0 V）レベルを表示できます。

オシロスコープの電圧測定の単位は Vp-p

私たちの日常生活では、交流電圧値に関して「実効値、単位は V r.m.s.」が通用していますが、このオシロスコープの測定では、交流波形のピークからピークまでの電圧を測り、その単位を「Vp-p」としています。

HORIZONTAL POSITION ツマミは CH1、CH2 共用

2現象表示の時には、HORIZONTAL POSITION ツマミでCH1の波形とCH2の波形が同時に移動し、別々に移動させることはできません。

電圧プローブを使う場合は測定値を 10 倍する

電圧測定では、信号源から直接オシロスコープの INPUT 端子へ入力する場合を除いて、一般的には減衰比10:1の電圧プローブを使うため測定結果を 10 倍します。

× 10MAG スイッチを［ON］にすると波形が左右に揺れ動く

もともと波形自体が不安定な場合に、その動きが×10MAGの機能で10倍になるため目に付くことが多いようです。

CH2 の信号が TRIGGERING SLOP の設定と逆にトリガする

TRIGGERING SLOP スイッチが［＋］に設定してあっても［－］でトリガする場合(あるいはその逆)は CH2 INV スイッチが［ON］になっている可能性があります。

［OFF］になっているかを確認します(CH2 INV スイッチが［ON］でもスクリーンの表示波形が反転しない機種もあります)。

「オシロスコープ」について解説をしている書籍は?

「オシロスコープ」について解説をしている書籍は非常に少なく、Web 検索で調べてみました。いずれも十年以上前の出版で既に絶版になっているものもあります。

●波形観測(ソニーテクトロニクス社編)ラジオ技術社
●シンクロスコープ(関 英男 監修)日刊工業新聞社
●シンクロスコープ技術(長谷川英一 著)オーム社
●シンクロスコープ技術百科(山川正光 著)オーム社
●オシロスコープ利用技術(古市善教 著)オーム社
●オシロスコープ活用法(ケンウッド TMI 著)CQ 出版社

●オシロスコープ入門(田中新治 著)CQ 出版社 2000/09/01 発刊

電源スイッチを ON したがブラウン管に何も現れない

輝度が上がっていないことがあります。

INTENSITY ツマミを右に回し 1 時～ 3 時の位置にします。それでも輝線が見えない時にはTRIGGERING MODEスイッチが［NORM］になっている可能性があります。
［NORM］から［AUTO］に切り替え輝線が見えれば正常な動作状態です。

波形の振幅が 1 div 位から小さくなると静止しなくなる

トリガ感度は1 divから1.5 divに規定されていますので、それより振幅が小さくなると同期が取れなくなります。
このような場合にはVOLTS/DIVスイッチを右に一つ回し波形の振幅を大きくします。

あまり感度を上げると僅かな雑音でもトリガしてしまい煩わしいことにもなり 1 div が実用上では適当ではないかと思われます。

測定波形に交流雑音が混じっている

雑音を発生しているのが、被測定装置かオシロスコープか調べて、個々の対応が必要になります。

オシロスコープの場合は AC-GND-DC スイッチを［GND］にして VOLTS/DIV スイッチを右に回して(感度を上げる)みます。
この時、スクリーンに雑音信号の波形が見えなければオシロスコープは問題ありません。

被測定装置が雑音源になっている可能性があります。被測定装置とオシロスコープのアース(接地)を同一の所から取るようにすると軽減される場合があります。

HORIZONTAL POSITION ツマミによる波形の移動範囲

スクリーンの左右いっぱいに移動できますが、VERTICAL POSITION ツマミのように波形全体がブラウン管のスクリーンから飛び出してしまうことはなく、波形の一部がスクリーン内に留まります。

VERTICAL POSITION ツマミが大きな移動範囲を持っているのは非常に大きな交流信号や直流信号が入力される可能性があるからです。

リサジュー図形が HORI. POSITION ツマミで横方向に移動できない

リサジュー図形を水平方向に移動するにはHORIZONTAL POSITIONツマミではなく CH2 POSITION ツマミを使用します。
（機種によってはHORIZONTAL POSITIONツマミで水平移動できる場合もあります）

ビデオ信号が静止しない

TRIGGER SOURCEスイッチをビデオ信号専用の［TV LINE］か［TV FRAME］に切り替えます。
（波形によっては TRIGGERING SLOP スイッチを［+］→［−］または［−］→［+］に切り替えてみます）。

Z AXIS INPUT とは？

輝度変調入力端子のこと。
この端子に TTL レベルの信号を入力することにより、スクリーンに表示されている波形に輝度変調（正の電圧で輝度が減少します）をかけて観測できます。

信号を入力しているが輝線しか見えない

AC-GND-DC スイッチが［GND］になっている可能性があります。

［AC］になっていることを確認し、次に、VOLTS/DIV スイッチを右（または左）回してみます。

同期掃引方式のオシロスコープ

現在のオシロスコープはトリガ掃引方式が主流ですが、この方式は電子回路の構成が簡単でオシロスコープとしてシンプルな構造のため以前はたくさん採用されていました。
しかし、安定度や高精度のニーズに応えられず、現在では低周波測定用としてごく少数が使われているようです。

「オシロスコープ」？それとも「シンクロスコープ」？

昔々、この両方の用語が存在していた時代が確かにありました。
突き詰めればそれなりの理由があったようですが、現在では「オシロスコープ」に統一されています。

(私見ですが)既に死語になった「シンクロスコープ」ですが先輩の方々の間では未だ通用しているようです。

end of contests